

DESARROLLO DE UN SIMULADOR PARA EVALUACIÓN DE ANTENAS ADAPTATIVAS EN UMTS

M^a Luz Casero Page, M. Sierra Castañer, M. Sierra Pérez

Grupo de Radiación. Dpto. de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones
Universidad Politécnica de Madrid
mlcasero@gr.ssr.upm.es

ABSTRACT

This paper presents an overview of the use of the technology of smart antennas and the influence they may have in mobile communications (UMTS). The enormous interest smart antennas have received in recent years is due to the improvements they introduce in mobile communications: a large increase in capacity, range and the potential to introduce new services. On the other hand, they introduce more complexity in the transceiver and radio resource management. This article describes a simulator of a base station with adaptive antennas, the simulations realized and the conclusions obtained.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este artículo es mostrar la validez del uso de antenas adaptativas en estaciones base de telefonía móvil (UMTS). Para ello, se ha realizado un simulador de una antena adaptativa, formada por un *array* de antenas y un procesador de señal responsable de la conformación de haz. Sobre él se han realizado diferentes simulaciones, teniendo en cuenta características distintas del *array* y del procesador, y que han dado lugar a una serie de conclusiones que por último se describen en este artículo.

2. ALGORITMOS ADAPTATIVOS

Los algoritmos adaptativos obtienen los pesos para cada elemento del *array*, que multiplicarán a la señal recibida, dando lugar a la conformación adaptativa del haz de radiación de la antena. En este artículo se ha trabajado con dos: LMS, RLS, comparados con los pesos ideales de *Wiener-Hopf* (1). El óptimo de *Wiener-Hopf* tiene como solución los pesos del *array* que dan lugar a la máxima relación entre la potencia de señal recibida y el ruido más interferencias. Sus resultados constituyen una referencia para el estudio de los otros dos algoritmos LMS y RLS,

$$\hat{w}_{opt} = R^{-1} \underline{z} \quad (1)$$

donde R^{-1} es la inversa de la matriz de autocorrelación de la señal recibida en el *array* y \underline{z} la correlación entre la señal recibida y la señal de referencia utilizada. Para implementar estos procesos se recurre a los llamados algoritmos adaptativos que de forma recursiva tratan de aproximarse al óptimo. El algoritmo recursivo LMS (*Least Mean Square*) pertenece a la familia de los algoritmos de gradiente estocástico y se caracteriza por:

$$y(n) = \underline{w}^H(n-1) \underline{x}(n) \quad (2)$$

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (3)$$

$$\underline{w}(n+1) = \underline{w}(n) + \mu(n) \underline{x}(n+1) e^*(n) \quad (4)$$

La ecuación (2) representa la salida del *array*, siendo $\underline{x}(n)$ la señal recibida en el instante n ; (3) es la expresión del error de estimación, $d(n)$ la señal de referencia, y (4) la ecuación de actualización de los pesos con (5):

$$\mu(n) = \frac{\mu_0}{\underline{x}^H(n) \underline{x}(n)} \quad (5)$$

El algoritmo RLS (*Recursive least-squares*), pertenece a la familia de los algoritmos de mínimos cuadrados y se caracteriza por las siguientes ecuaciones:

$$\underline{k}(n) = \frac{\lambda^{-1} P(n) \underline{x}(n)}{1 + \lambda^{-1} \underline{x}^H(n) P(n-1) \underline{x}(n)} \quad (6)$$

$$\xi(n) = d(n) - \underline{w}^H(n-1) \underline{x}(n) \quad (7)$$

$$\underline{w}(n) = \underline{w}(n-1) + \underline{k}(n) \xi^*(n) \quad (8)$$

$$P(n) = \lambda^{-1} P(n-1) - \lambda^{-1} \underline{k}(n) \underline{x}^H(n) P(n-1) \quad (9)$$

3. SIMULADOR

Se ha implementado mediante el lenguaje de programación Matlab y Simulink un simulador de un enlace ascendente UMTS sencillo cuyo canal de transmisión se considera ideal. La estructura del emisor es la siguiente:

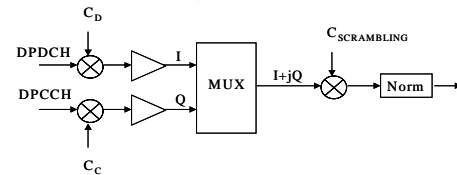


Figura 1. Estructura general del emisor.

Los símbolos de los canales DPDCH y DPCCH, para cada móvil, se generan aleatoriamente y una vez obtenidos, canal de datos y control se multiplican por sus respectivas secuencias C_D y C_C , para llevar a cabo el ensanchamiento de los mismos. La multiplexación de los canales se hace de tal forma que el canal de datos se suma en fase y el de control en cuadratura. Por último, para simular un control de potencia ideal se procede a normalizar las potencias de los móviles a 0 dB. La estructura del receptor es la siguiente:

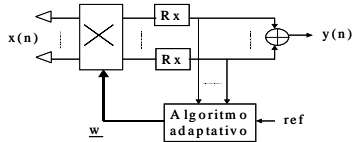


Figura 2. Estructura general del receptor.

Una vez recibida la señal en el *array*, se multiplica por el código de scrambling del usuario atendido y posteriormente se lleva a cabo el desensanchamiento de la señal multiplicando por la secuencia de ensanchamiento del canal de control, que es sobre el cual se va a realizar la conformación y la medida de la mejora de la SINR respecto a una sola antena. El módulo del algoritmo adaptativo, a partir de la señal desensanchada y de la señal de referencia que consiste en los bits del canal de control se obtienen los pesos que multiplicarán la señal a la entrada del *array*. A la salida del mismo se calculará la SINR mediante la ecuación (10), a partir de la cual se obtiene la mejora con respecto a una antena:

$$SINR = \frac{256 \cdot P_{DPCCH}}{P_{ruido+int}} \quad (10)$$

4. RESULTADOS

Se han realizado simulaciones variando distintos parámetros relacionados con las características físicas del *array*, el diagrama de radiación del elemento y el algoritmo adaptativo utilizado. Se han considerado tres tipos de diagrama de radiación: en coseno de 65°, 90° y omnidireccional. Como vemos en la tabla, para antenas separadas λ , se ha tomado constante el número de usuarios, el número de elementos del *array* y la distancia entre ellos. Se obtiene un mejor resultado para un ancho de haz de 65°, ya que produce un haz de radiación más directivo reduciendo el efecto de los lóbulos secundarios, sobre todo en los extremos de la celda.

Usuarios	elementos	Ancho haz	GSINR (dB)
10	4	65°	6.8
10	4	90°	6.4
10	4	Omni	6.3

Tabla 1. Variación con el ancho de haz.

En la figura 3a, con 10 usuarios, 4 elementos del *array* y ancho de haz de 65°, se muestra la variación de la mejora de SINR con la distancia entre elementos del *array*. A partir de 0.7λ la variación no es importante. En la figura 3b, con $d=\lambda$, 4 elementos y ancho de haz de 65°, se representa como varía la respuesta del sistema con el número de usuarios. Aumenta el nivel de interferencia presente en el sistema con el número de usuarios y por lo tanto se reduce la mejora de la SINR.

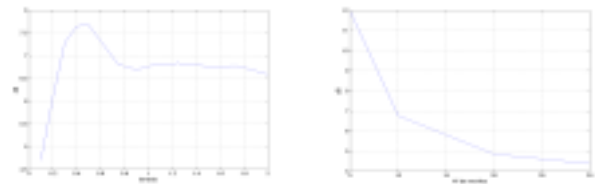


Figura 3. Variación con la distancia entre elementos (a) y número de usuarios (b)

Por último se ha realizado un estudio de la convergencia de los dos tipos de algoritmos, para valorar las mejores prestaciones del RLS con respecto a la sencillez del LMS. En la siguiente figura se muestra su comportamiento en función del número de *slots* transmitidos. Se han tomado 5 usuarios, y un *array* de 4 elementos separados λ y con un ancho de haz de 65°.



Figura 4. Convergencia de los algoritmos.

5. CONCLUSIONES

La principal conclusión que se obtiene es que el uso de antenas adaptativas introduce una mejora sensible en el rendimiento de la estación base, mayor o menor dependiendo del nivel de interferencia de la celda, las características físicas de la antena y del tipo de algoritmo adaptativo utilizado para obtener los pesos del *array*. La distancia entre elementos no tiene un efecto especial (para las distancias físicamente aplicables) y por último, en cuanto a los algoritmos adaptativos, el RLS converge más rápidamente que el LMS, pero presenta el inconveniente de ser mucho más complejo a la hora de su implementación.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado gracias a la financiación de la Cátedra Telefónica Móviles de la E.T.S.I.T. de la UPM.

7. REFERENCIAS

- [1] S. Haykin, "Adaptive Filter Theory", Prentice Hall International Editions, 1996.
- [2] LC. Godara, "Applications of Antenna Arrays to Mobile Communications", Part I and II, Proceedings of the IEEE, vol. 85, no.7, July 1997 y no. 8, August 1997.
- [3] P.H. Lehne, M. Pettersen, "An Overview of Smart Antenna Technology for Mobile Communications Systems", IEEE Communications Surveys, vol. 2, no. 4, fourth quarter 1999.
- [4] E. Dahlman, et al, "WCDMA-The Radio Interface for Future Mobile Multimedia Communications", IEEE Transactions on vehicular technology, vol. 47, no. 4, November 1998.